

**Observations sur le niveau marin relatif à l'Holocène, à  
Rivière-du-Loup, estuaire du Saint-Laurent, Québec**  
**Observations on the Relative Sea Level During the Holocene, at  
Rivière-du-Loup, St. Lawrence Estuary**  
**Beobachtung zu dem relativen marinen Wasserspiegel im  
Holozän bei Rivière-du-Loup, Gezeitenmündung des  
Sankt-Lorenzstroms, Québec**

Jean-Claude Dionne

Volume 44, numéro 1, 1990

URI : <https://id.erudit.org/iderudit/032797ar>

DOI : <https://doi.org/10.7202/032797ar>

[Aller au sommaire du numéro](#)

Éditeur(s)

Les Presses de l'Université de Montréal

ISSN

0705-7199 (imprimé)

1492-143X (numérique)

[Découvrir la revue](#)

Citer cet article

Dionne, J.-C. (1990). Observations sur le niveau marin relatif à l'Holocène, à Rivière-du-Loup, estuaire du Saint-Laurent, Québec. *Géographie physique et Quaternaire*, 44(1), 43–53. <https://doi.org/10.7202/032797ar>

Résumé de l'article

A Rivière-du-Loup, sur la rive sud de l'estuaire du Saint-Laurent, la transgression marine postglaciaire (Mer de Goldthwait), qui a eu lieu entre 12,5 et 12,8 ka. a atteint un niveau voisin de 135 m d'altitude. Le relèvement isostatique a été très rapide. Vers 9000 ans BP, 85 % de l'emersion des terres était déjà réalisé. Trois coupes levées au droit de schorre supérieur actuel ont permis de mettre en évidence l'existence d'un bas niveau marin au milieu de l'Holocène suivi d'une transgression mineure d'une amplitude indéterminée, mais vraisemblablement de l'ordre de  $\pm 8$  m. En effet, un dépôt organique relique, daté de  $6200 \pm 100$  à  $7140 \pm 70$  BP et reposant sur des sédiments argileux de la Mer de Goldthwait, est recouvert de sédiments intertidaux limono-sableux stratifiés contenant des colonies de *Mya arenaria* en position de vie, datées de  $5610 \pm 90$  à  $5700 \pm 90$  BP. La terrasse Mitis (niveau de  $\pm 6$  m d'altitude) a été construite entre 3000 et 1500 ans BP, alors que le schorre supérieur, qui surmonte un substrat de sable fin et de limon stratifiés en lits minces (ancienne slikke) daté d'environ 850 ans BP, est une construction intertidale relativement récente: moins de 300 ans BP. Ces données corroborent les faits mis en évidence dans cinq autres sites de la rive Sud de l'estuaire du Saint-Laurent.

# OBSERVATIONS SUR LE NIVEAU MARIN RELATIF À L'HOLOCÈNE, À RIVIÈRE-DU-LOUP, ESTUAIRE DU SAINT-LAURENT, QUÉBEC

Jean-Claude DIONNE, Centre d'études nordiques et Département de géographie, Université Laval, Sainte-Foy, Québec G1K 7P4

**RÉSUMÉ** À Rivière-du-Loup, sur la rive sud de l'estuaire du Saint-Laurent, la transgression marine postglaciaire (Mer de Goldthwait), qui a eu lieu entre 12,5 et 12,8 ka, a atteint un niveau voisin de 135 m d'altitude. Le relèvement isostatique a été très rapide. Vers 9000 ans BP, 85 % de l'émersion des terres était déjà réalisé. Trois coupes levées au droit de schorre supérieur actuel ont permis de mettre en évidence l'existence d'un bas niveau marin au milieu de l'Holocène suivi d'une transgression mineure d'une amplitude indéterminée, mais vraisemblablement de l'ordre de  $\pm 8$  m. En effet, un dépôt organique relique, daté de  $6200 \pm 100$  à  $7140 \pm 70$  BP et reposant sur des sédiments argileux de la Mer de Goldthwait, est recouvert de sédiments intertidaux limono-sableux stratifiés contenant des colonies de *Mya arenaria* en position de vie, datées de  $5610 \pm 90$  à  $5700 \pm 90$  BP. La terrasse Mitis (niveau de  $\pm 6$  m d'altitude) a été construite entre 3000 et 1500 ans BP, alors que le schorre supérieur, qui surmonte un substrat de sable fin et de limon stratifiés en lits minces (ancienne slikke) daté d'environ 850 ans BP, est une construction intertidale relativement récente: moins de 300 ans BP. Ces données corroborent les faits mis en évidence dans cinq autres sites de la rive Sud de l'estuaire du Saint-Laurent.

**ABSTRACT** *Observations on the relative sea level during the Holocene, at Rivière-du-Loup, St. Lawrence Estuary.* At Rivière-du-Loup, a locality along the south shore of the St. Lawrence Estuary, the postglacial marine transgression (Goldthwait Sea), which occurred between 12.5 and 12.8 ka, reached a maximum level of approximately 135 m. The isostatic recovery was very rapid. By 9000 BP, about 85% of the coastal emergence had occurred. Three sections in the present day high tidal marsh provided evidence for a low stand of the sea level during the mid-Holocene, which was followed by a minor transgression, possibly up to 8 m in range. These events are documented by fossil organic deposits dated between  $6200 \pm 100$  and  $7140 \pm 70$  BP overlying deep marine clay of the Goldthwait Sea, and overlaid by an intertidal deposit of stratified fine sand and silt containing colonies of *Mya arenaria* in living position dated between  $5610 \pm 90$  and  $5700 \pm 90$  BP. The Mitis Terrace ( $\pm 6$  m level) was built between 3000 and 1500 BP, while the modern high marsh which overlies a tidal flat deposit of stratified fine sand and silt, dated *circa* 850 BP, is younger than 300 years BP. These data supply additional evidence for Holocene sea level fluctuations already observed in five other localities along the south shore of the St. Lawrence Estuary.

**ZUSAMMENFASSUNG** *Beobachtung zu dem relativen marinen Wasserspiegel im Holozän bei Rivière-du-Loup, Gezeitenmündung des Sankt-Lorenzstroms, Québec.* Bei Rivière-du-Loup, auf dem Südufer der Sankt-Lorenz-Gezeitenmündung, hat die postglaziale marine Transgression (Goldthwait-Meer), die zwischen 12,5 und 12,8 ka stattgefunden hat, ein Niveau von nahezu 135 m Höhe erreicht. Die isostatische Anhebung war sehr schnell. Gegen 9000 Jahre v.u.Z. waren 85% des Auftauchens der Böden schon realisiert. Durch drei Schnitte in die gegenwärtige obere Hallig konnte man das Vorhandensein eines niedrigen Meeresniveaus in der Mitte des Holozäns nachweisen, auf welches eine geringere Transgression unbestimmten Umfangs folgte, die aber wahrscheinlich  $\pm 8$  m betrug. Tatsächlich ist eine organische Restablagerung, die von  $6200 \pm 100$  bis  $7140 \pm 70$  v.u.Z. datiert wird und auf lehmigen Sedimenten des Goldthwait-Meeres ruht, mit geschichteten Zwischengezeiten-Schlick-Sand-Sedimenten bedeckt, welche Kolonien von *Mya arenaria* in lebender Position enthalten, die von  $5610 \pm 90$  bis  $5700 \pm 90$  v.u.Z. datiert werden. Die Mitis-Terrasse ( $\pm 6$  m Höhe) wurde zwischen 3000 und 1500 Jahren v.u.Z. gebildet, während die obere Hallig, die ein Substrat von feinem Sand und dünn geschichtetem Schlick (alte slikke), das auf etwa 850 Jahre v.u.Z. datiert wird, überlagert, eine relativ junge Zwischengezeitenbildung darstellt: weniger als 300 Jahre v.u.Z. Diese Daten bestätigen die Fakten, die an fünf anderen Plätzen auf dem Südufer der Sankt-Lorenz-Gezeitenmündung dargelegt wurden.

## INTRODUCTION

Les données radiochronologiques obtenues sur des coquillages marins, du bois et de la tourbe provenant de cinq sites (rivière Boyer, Montmagny, Cap-Saint-Ignace, Rivière-Ouelle et Saint-Fabien-sur-Mer), répartis sur la côte sud de l'estuaire du Saint-Laurent, sur une distance d'environ 300 km, ont permis de mettre en évidence l'existence de fluctuations du niveau marin à l'Holocène, en particulier un bas niveau entre 6000 et 7000 ans BP, suivi d'une remontée (transgression mineure), puis d'un nouvel abaissement ou d'une émergence de la côte.

Des données récentes obtenues à Rivière-du-Loup permettent de corroborer les faits mis en évidence antérieurement (Dionne, 1985, 1988a à d). Le présent article résume ces découvertes.

## LOCALISATION ET CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES DU MILIEU

La localité de Rivière-du-Loup est située sur la rive sud de l'estuaire du Saint-Laurent, à environ 200 km à l'est de Québec (fig. 1), soit à peu près à la frontière entre le moyen estuaire et l'estuaire maritime (Dionne, 1963a).

La région côtière est caractérisée par une série de crêtes rocheuses appalachiennes (Vallières, 1977) séparées les unes des autres par de larges dépressions partiellement remblayées de dépôts quaternaires, notamment ceux laissés par la Mer de Goldthwait. Les dépôts fins (argile, limon et sable fin fossilifères) sont concentrés dans les dépressions, alors que les dépôts grossiers (plages de sable et gravier) sont principalement accrochés aux crêtes rocheuses (Lee, 1963; Dionne, 1966). Cependant, on trouve, ici et là, à la surface des terrasses marines des plages soulevées (sable et gravier) recouvrant l'argile ou des sables marins très fossilifères (Dawson, 1865; Dionne, 1969).

La déglaciation de la région côtière de Rivière-du-Loup s'est effectuée entre 12 500 et 12 800 ans BP (Lee, 1963; Dionne, 1972; Martineau, 1977; Chauvin *et al.*, 1985). Elle a été suivie par la submersion de la Mer de Goldthwait (Dionne, 1977). Les plus hautes plages soulevées dans le secteur atteignent 135 m d'altitude seulement, alors que les sites fossilifères connus les plus élevés sont à 130 m d'altitude (Dionne, 1969, 1972). Bien que l'altitude de la surface du delta fluvio-glaciaire de Saint-Modeste, à une dizaine de kilomètres à l'est de l'embouchure de la rivière du Loup, soit comprise entre 150 et 165 m, ce dernier ne semble pas avoir été mis en place dans la Mer de Goldthwait mais plutôt dans un lac peu profond coincé entre les deux masses de glace (appalachienne, au sud et laurentidienne, au nord), de sorte que le niveau maximal de la mer postglaciaire dans la région de Rivière-du-Loup n'aurait pas excédé 135 m. Cette altitude est de plus de 30 m inférieure aux valeurs proposées pour la région de Rivière-du-Loup (Martineau, 1977) et celle de Trois-Pistoles (Locat, 1977).

D'après les données disponibles jusqu'à récemment (Lee, 1963; Dionne, 1966, 1972; Martineau, 1977; Lortie, 1983a, 1983b), le relèvement isostatique aurait été relativement rapide, ce qui est confirmé à la fois par la courbe de relèvement

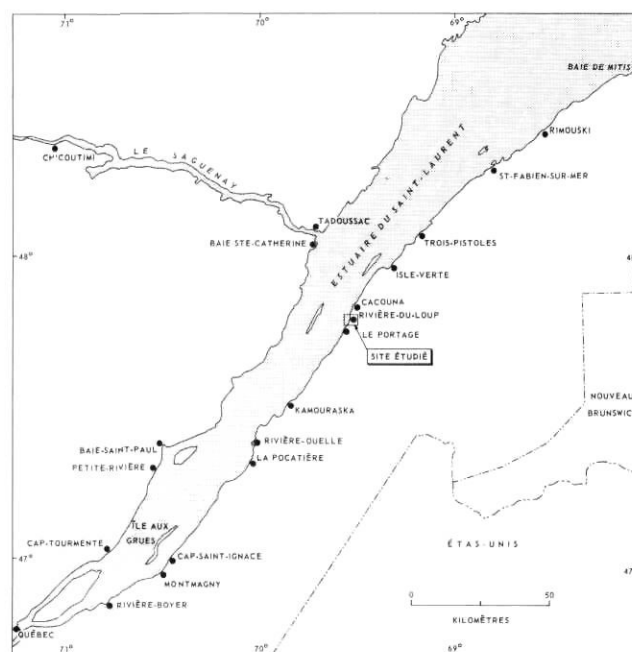


FIGURE 1. Carte de localisation et noms de lieu.  
*Location map and locality names.*

isostatique de la région de Trois-Pistoles-Baie-des-Sables (Locat, 1977) et celle de la région de Rivière-du-Loup-Saint-Eugène (Lortie et Guilbault, 1984). En se basant sur une datation au  $^{14}\text{C}$  sur des myes en position de vie, dans des sédiments intertidaux de la terrasse de 20 m, à Bic (Dionne, 1977), ce niveau aurait émergé vers 9000 ans BP. Par ailleurs, si l'on s'appuie sur une autre datation obtenue à la base d'une tourbière à la surface de la terrasse de 15 m, à Cacouna-Est (GSC-112: 6970  $\pm$  100 BP), ce niveau était déjà émergé vers 7000 BP.

Les deux courbes de relèvement isostatique de la côte sud du Saint-Laurent précitées montrent un soulèvement progressif et constant de la côte du début de la Mer de Goldthwait jusqu'à nos jours, même si le taux moyen a diminué considérablement après 9000 ans BP, passant de 3,2 cm à 2 mm par année. Vers 9000 ans BP, 85 % du relèvement isostatique était donc réalisé.

## CARACTÉRISTIQUE DU SECTEUR ÉTUDIÉ

Le secteur étudié est situé à l'embouchure de la rivière du Loup (fig. 2). À cet endroit, le relief est commandé par deux crêtes rocheuses allongées SO-NE, parallèlement au Saint-Laurent (Dionne, 1963b). Du côté sud, une longue crête de schistes et de grès avec pendage des couches vers le sud traverse tout le secteur. Son altitude varie de 30 à 70 m. À l'instar des autres crêtes rocheuses de la région de Rivière-du-Loup, elle est en grande partie aplanie (ancienne surface d'érosion) (fig. 3) et recouverte, par endroits, de plages (sable et gravier) de la Mer de Goldthwait. Du côté nord de la crête, à certains endroits, subsiste une étroite plate-forme littorale émergée, probablement d'âge holocène (fig. 4). La crête rocheuse forme un escarpement raide du côté nord, *i.e.*, face

au Saint-Laurent, qui devait correspondre jadis à une falaise (falaise Micmac de Goldthwait, 1911). La deuxième crête rocheuse, de 10 à 40 m de hauteur, s'étend de la pointe de Rivière-du-Loup (quai) vers le NE sur quelques kilomètres de longueur. Au niveau du rivage actuel, on peut encore observer des marques d'abrasion glaciaire indiquant un écoulement vers le NE.

Les deux crêtes, distantes d'environ 1700 m, sont séparées par une large dépression, allongée SO-NE, partiellement

comblée de sédiments d'âge holocène, d'une épaisseur de plusieurs dizaines de mètres. À proximité du pont de la Transcanadienne (autoroute 20) enjambant la rivière, le substrat rocheux est à environ 50 m de profondeur (Transport-Québec, 1970). La dépression est occupée par une basse terrasse (terrasse Mitis) relativement étroite (200 m) à l'extrémité SO, mais s'élargissant progressivement vers le NE où elle occupe tout le fond de la dépression (1600 m). En largeur, elle s'étend du pied de la crête rocheuse jusqu'à la limite des plus hautes

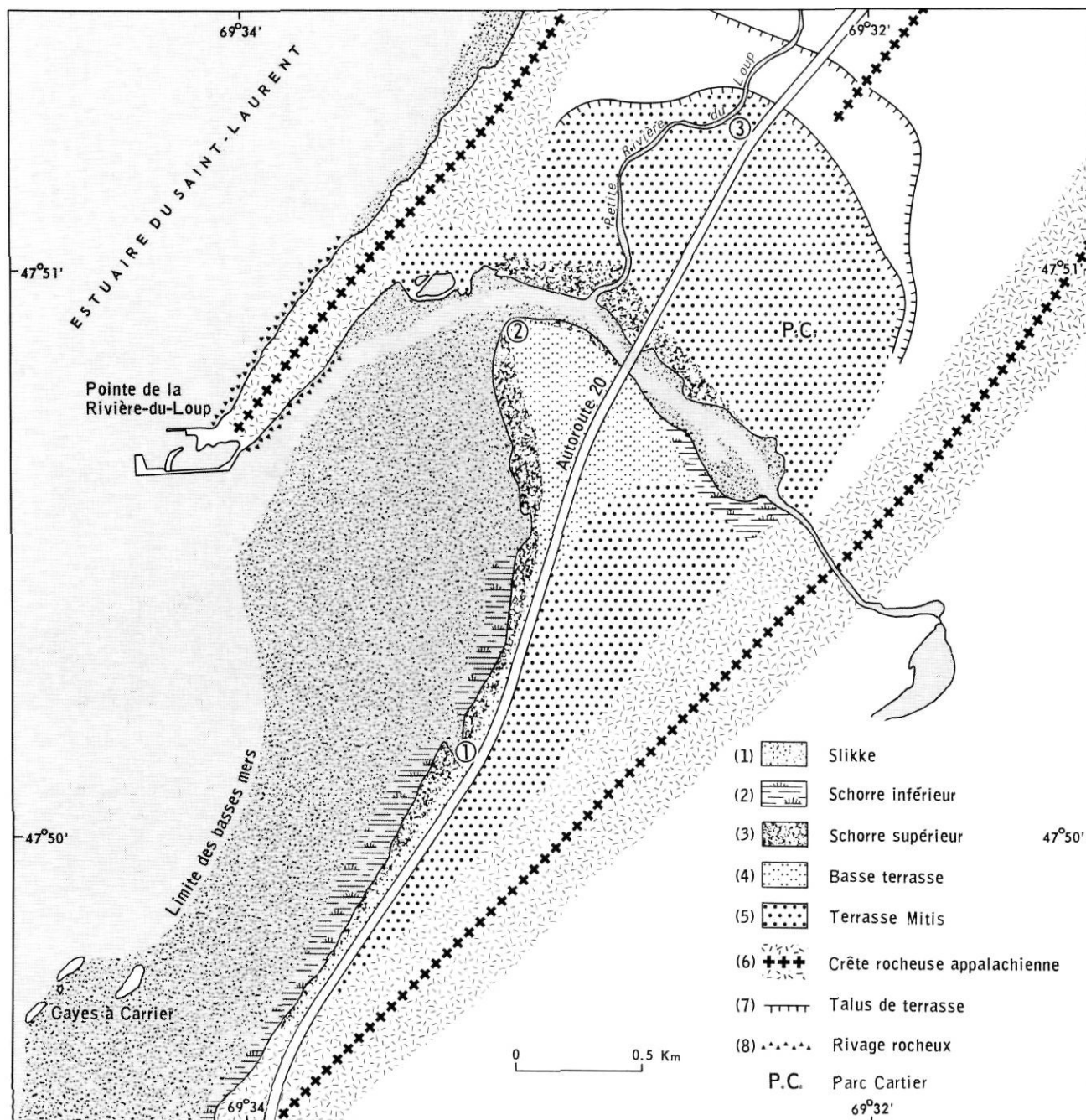


FIGURE 2. Croquis géomorphologique du secteur étudié à Rivière-du-Loup. Les numéros indiquent l'emplacement des coupes décrites dans le texte.

Geomorphic sketch of the study area at Rivière-du-Loup. Numbers refer to sections described in the text. Legend of figure from 1 to 8: tidal flat, low marsh, high marsh, low terrace, Mitis terrace, Appalachian rock ridge, terrace escarpment, rocky shore.



FIGURE 3. Crête rocheuse aplanie, à Rivière-du-Loup. Surface d'érosion héritée, probablement pré-holocène ou plus ancienne, taillée dans des schistes avec pendage des couches voisin de la verticale.

*A levelled Appalachian ridge at Rivière-du-Loup. Inherited erosion surface, possibly pre-Holocene or older in age, cut into bedded shale with nearly vertical dip of strata.*

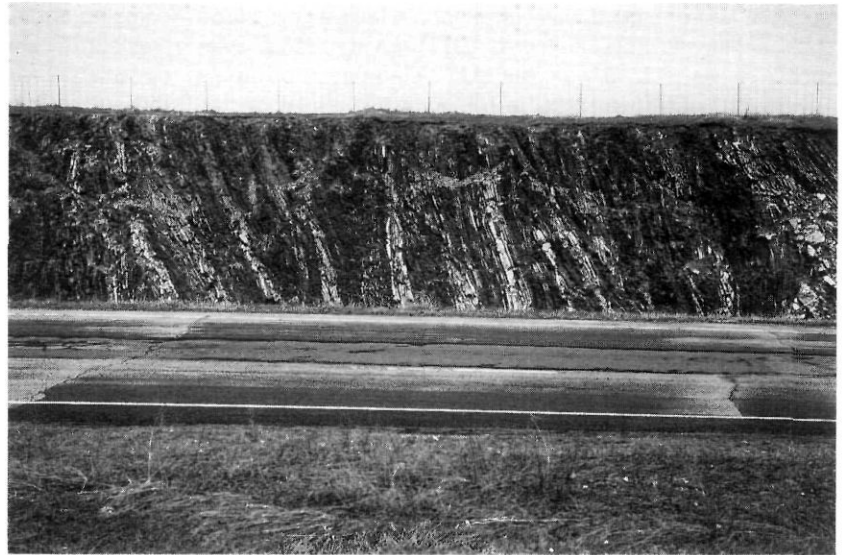


FIGURE 4. Plate-forme rocheuse littorale émergée, côte nord de la crête rocheuse recoupée par la Transcanadienne dans le secteur SO de la figure 2. La plate-forme a été taillée dans des schistes d'âge cambro-ordovicien, probablement durant l'épisode de la Mer de Goldthwait.

*An emerged rocky shore platform occurring on the north side of an Appalachian ridge crossed by the Trans-Canada Highway in the SW corner of Figure 2. The shore platform was cut into Cambro-Ordovician shales possibly during the Goldthwait Sea episode.*



mers, où elle se fusionne sans dénivellation nette avec le schorre supérieur (fig. 5). Dans le secteur situé à l'est de la rivière, la basse terrasse aboutit vers l'intérieur des terres, à un petit talus d'érosion appartenant à une autre terrasse plus élevée (niveau de 10-15 m).

Le substrat de la terrasse Mitis est argileux (argile fossilifère de la Mer de Goldthwait datée à plus de 10 000 ans BP; Dionne, 1977) et est recouvert, en général, par un mince dépôt de limons sableux stratifiés (faciès de zone intertidale).

Outre la basse terrasse, la dépression est occupée par un vaste estran (zone intertidale), comprenant d'une part un schorre supérieur en voie d'érosion (Dionne, 1986), un schorre inférieur relativement étroit, et une large slikke vaseuse s'étendant jusqu'à la limite des plus basses mers (fig. 6). La largeur maximale de l'estran lors des marées basses de vive eau est comprise entre 700 et 1100 m.

Le substrat du rivage actuel est essentiellement argileux (argile grise, molle et sableuse par endroits) avec un recouvrement de sable fin et de limon stratifiés d'une épaisseur

moyenne de 25 à 30 cm seulement. Dans le secteur SO, la surface du bas estran est capitonnée de blocs glaciels. En été, une couche de vase molle, de 5 à 10 cm d'épaisseur en moyenne, voile la surface du bas estran ou de la slikke (Dionne, 1986; Denis, 1987). Mais le bilan sédimentaire est très faible, voire nul. À long terme, le taux moyen de sédimentation est inférieur à 1 mm par année. Cette valeur est comparable avec celle de plusieurs autres sites de la rive sud du Saint-Laurent entre Québec et Rimouski (Dionne, 1986).

Le schorre supérieur repose parfois directement sur de l'argile sableuse, peu consistante, en particulier à l'extrémité SO, mais ailleurs il repose sur une ancienne slikke (limons sableux stratifiés).

À Rivière-du-Loup, les marées moyennes ont un marnage de 3,5 à 4 m et les grandes marées de vive eau de 5 à 5,5 m. Le niveau moyen de la mer (zéro géodésique) est à 2,65 m (Pêches et Océans Canada, 1989).

Trois sondages réalisés à proximité de la rivière, au droit du pont de la Transcanadienne, ont révélé la succession



FIGURE 5. Photo aérienne du secteur étudié, à Rivière-du-Loup, montrant les principaux éléments morphologiques. A, crête rocheuse; B, terrasse Mitis; C, marais intertidal; D, slikke ou bas estran. (Photocartothèque provinciale, Québec Q79615-263; échelle approximative: 1/15 000.)

An aerial photo of the study area at Rivière-du-Loup showing the main geomorphic units. A, Appalachian ridge; B, Mitis terrace; C, tidal marsh; D, tidal flat.

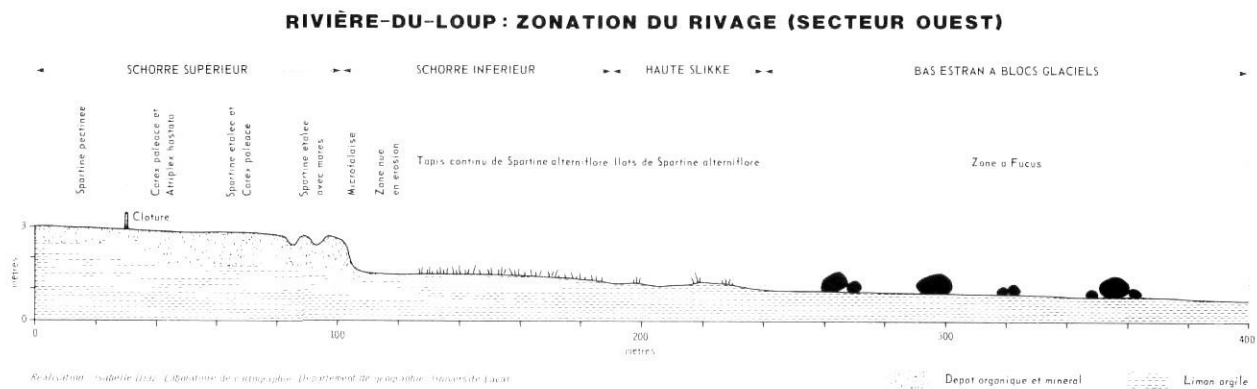


FIGURE 6. Profil transversal schématique, non à l'échelle, du rivage, à Rivière-du-Loup, dans le secteur étudié.

A schematic cross section not to scale of the shore zone, at Rivière-du-Loup, in the study area. From left to right: high marsh (*Spartina patens*, *S. pectinata*, etc.) low marsh (*Spartina alterniflora*); upper tidal flat; low tidal flat with ice-rafted boulders.

verticale suivante. En surface, 1,5 à 2 m d'argile grise contenant parfois un horizon de cailloux. Ce dépôt repose sur 7 à 8 m d'argile sableuse, peu consistante à molle (Goldthwaitien II); en dessous, on trouve plus de 10 m d'argile rougeâtre, limoneuse à sableuse, compacte à très dure, peu fossilifère, contenant parfois des graviers (Goldthwaitien I) (Transport-Québec, 1970).

## DESCRIPTION DES COUPES

Trois coupes au droit du schorre supérieur, dans le secteur à l'ouest de la rivière du Loup, ont fourni des éléments intéressants qui mettent en évidence des variations du niveau marin relatif à l'Holocène corroborant ainsi les faits observés dans d'autres sites de la rive sud de l'estuaire du Saint-Laurent.

### COUPE 1

La coupe n° 1 a été levée dans le secteur SO, soit du côté nord de la Transcanadienne, là où le schorre supérieur est relativement étroit et affecté par l'érosion. Cette coupe, de plus de 5 m de puissance, a été dégagée lors de la construction du système d'épuration de la ville en 1985; elle n'est malheureusement plus visible.

On y a observé les quatre unités suivantes (fig. 7). À la base, l'unité 1, d'une épaisseur inconnue mais vraisemblablement de plusieurs mètres, est composée d'argile limoneuse gris-rosâtre, plutôt massive; elle est pierreuse et fossilifère. Les espèces récoltées sont de milieu relativement profond (tabl. I). Il s'agit de toute évidence d'un dépôt du Goldthwaitien II (Dionne, 1977) daté à plus de 10 000 ans BP. À sa surface on observe une concentration de cailloux (dallage) indiquant une surface d'érosion relique. Au-dessus, on trouve un dépôt d'un mètre d'épaisseur, de sable fin à moyen, gris foncé, comprenant des lits minces de limon argileux gris pâle et contenant des cailloux. Au droit de la coupe, cette unité n'était pas fossilifère. D'après les caractéristiques sédimentologiques, il s'agirait d'un dépôt d'eau peu profonde correspondant à l'abaissement du niveau de la Mer de Goldthwait, datant probablement de la fin du Goldthwaitien II (environ 8000-8500 ans BP).

La troisième unité, d'environ 1 m d'épaisseur, est composée de sable fin et de limon gris, stratifiés en lits minces (quelques millimètres), contenant des cailloux épars (glaciel). Il s'agit d'un dépôt intertidal (slikke). On y trouve d'abondantes myes (*Mya arenaria*) en position de vie. Trois datations au  $^{14}\text{C}$  sur ces dernières ont donné des âges respectifs de  $5610 \pm 90$  (UL-180b),  $5680 \pm 90$  (UL-180) et  $5700 \pm 90$  (Beta-25788), ce qui permet de fixer le niveau marin relatif à l'époque à un niveau voisin du niveau actuel. En comparaison avec les données d'autres sites (Saint-Fabien-sur-Mer, Montmagny), cette unité aurait été mise en place lors d'une remontée progressive du niveau marin après la phase du bas niveau datée de 6000 à 7000 ans BP (Dionne, 1988b, 1988d).

L'unité 3 est surmontée de 100 cm de sable fin et de limon stratifiés en lits minces (unité 4) et contenant des résidus de racines de plantes (spartines) en place, en grande partie oxydées. Il s'agit d'un faciès de schorre. Un bois, à la base

de l'unité, a donné un âge de  $290 \pm 90$  BP (UQ-808). Il existe donc une lacune chronologique importante entre les unités 3 et 4, la différence d'âge étant de plus de 5300 ans.

### COUPE 2a

La deuxième coupe levée se trouve à l'extrémité nord du schorre supérieur, au débouché de la rivière sur l'estran (fig. 8). Quatre unités lithostratigraphiques ont été observées. À la base, on trouve un dépôt d'argile limoneuse d'épaisseur in-

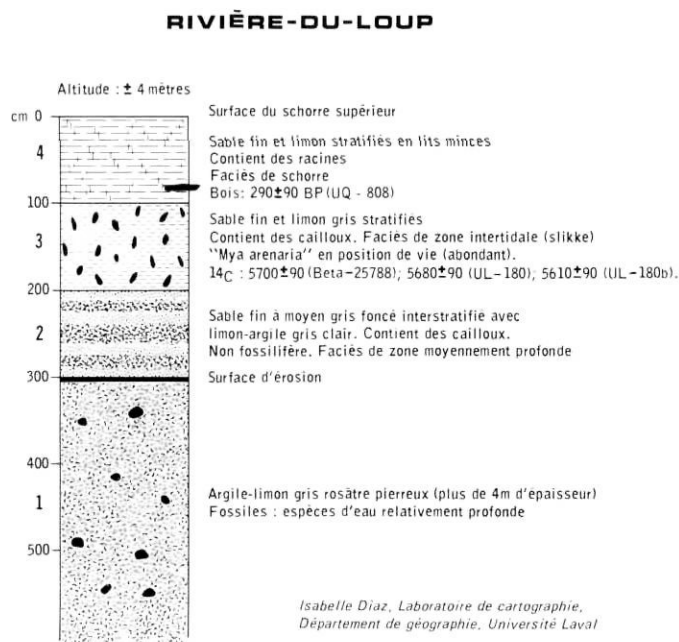


FIGURE 7. Coupe n° 1, Rivière-du-Loup.

Section 1 at Rivière-du-Loup.

TABLEAU I

Liste des mollusques dans l'argile de la Mer de Goldthwait

#### Brachiopodes :

*Hemithiris psittacea* (Gmelin)

#### Cirripèdes :

*Balanus crenatus* (Bruguière)

*Balanus hameri* (Ascanius)

#### Gastéropodes :

*Boreotrophon clathratus* (Linné)

*Buccinum tenue* (Gray)

*Buccinum tottenii* (Stompson)

*Neptunea despecta tornata* (Gould)

*Plicifusus kroyeri* (Müller)

#### Pélécy-podes :

*Astarte* sp.

*Hiatella arctica* (Linné)

*Macoma calcarea* (Gmelin)

*Mya arenaria* (Linné)

*Nuculana minuta* (Fabricius)

*Nuculana perluna* (Müller)

## RIVIÈRE-DU-LOUP

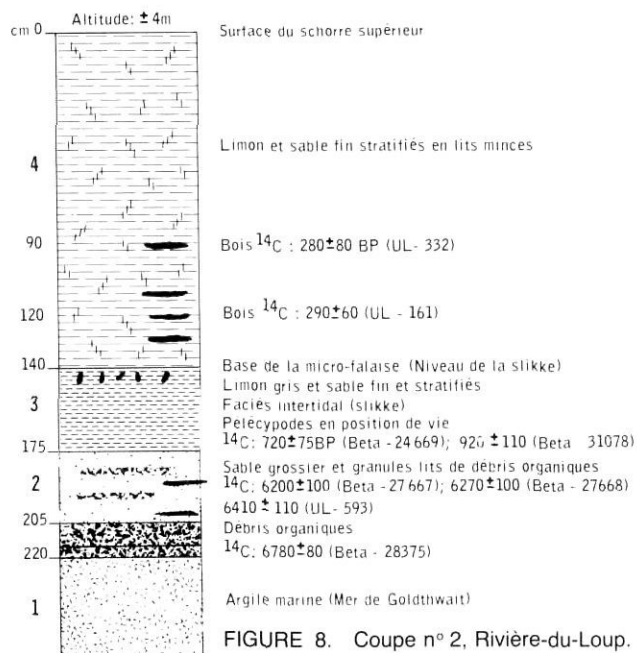


FIGURE 8. Coupe n° 2, Rivière-du-Loup.  
Section 2 at Rivière-du-Loup.

connue (argile de la Mer de Goldthwait). Au-dessus, l'unité 2, de 45 cm d'épaisseur, est composée de sable grossier et de granules avec des débris organiques. En réalité, cette unité comprend à la base une couche de 15 cm de débris organiques (sous-unité 2a), et une couche de 30 cm de sable grossier et de granules avec des lentilles de débris organiques et des bouts de bois (sous-unité 2b). La couche organique a donné un âge au  $^{14}\text{C}$  de  $6780 \pm 80$  BP (Beta-28375), alors que trois bouts de bois dans la sous-unité 2b ont des âges respectifs de  $6200 \pm 100$  BP (Beta-27667),  $6270 \pm 100$  (Beta-27668) et  $6410 \pm 110$  (UL-593).

La troisième unité, d'environ 35 cm d'épaisseur, est composée de sable fin (41,5 %) et de limon argileux (33 %), gris, stratifiés en lits minces, avec une proportion de 26 % de sable moyen à grossier. La fraction sableuse est riche en mica. Il s'agit d'un dépôt intertidal équivalent à la slikke vaseuse actuelle. On y trouve des colonies de grosses (25-30 mm) *Macoma balthica* et de *Mya arenaria* en position de vie. L'âge obtenu sur l'une et l'autre espèce est de  $720 \pm 75$  BP (Beta-24669) et  $920 \pm 110$  (Beta-31078).

La quatrième unité, de 140 cm d'épaisseur, ressemble à la précédente; elle est aussi composée de sable fin et de limon stratifiés en lits minces, mais il y a en plus d'abondants débris organiques, en particulier des résidus de racines oxydées (spartines). Il s'agit d'un faciès de schorre ou de marais intertidal supérieur. Le dépôt contient aussi des bouts de bois à divers niveaux. Deux d'entre eux, à 90 et 120 cm de profondeur ont donné des âges respectifs de  $280 \pm 80$  BP (UL-332) et  $290 \pm 60$  (UL-161). Une branche d'épinette (*Picea* sp.) à 125 cm de profondeur, soit à la base du schorre supérieur, à quelques centaines de mètres plus loin, a donné un âge au radiocarbone de  $280 \pm 50$  BP (Beta-32066). En

## RIVIÈRE-DU-LOUP

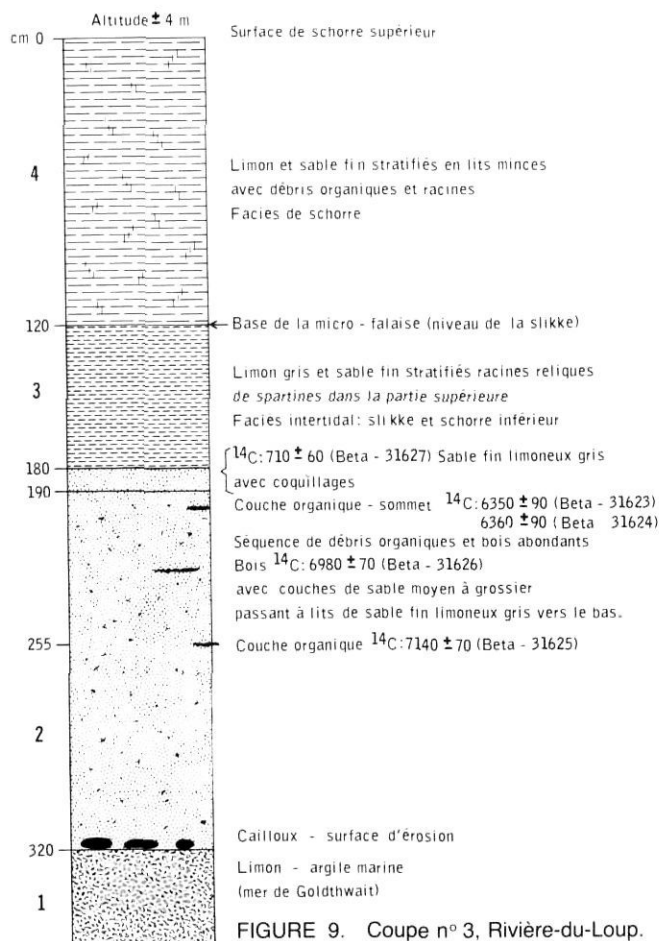


FIGURE 9. Coupe n° 3, Rivière-du-Loup.  
Section 3 at Rivière-du-Loup.

se basant sur l'âge des unités 2 et 3, il existerait une lacune chronologique importante, la différence d'âge étant supérieure à 5000 ans. De même, il existe un écart chronologique important entre les unités 3 et 4, de l'ordre de 400 à 600 ans.

## COUPE 2b

La coupe 2b (fig. 9), qui se trouve à une vingtaine de mètres à l'est de la coupe 2a, présente les mêmes unités que cette dernière mais avec de légères différences. À la base, soit à 320 cm de profondeur, l'unité 1 est constituée de limon et d'argile marine (dépôt de la Mer de Goldthwait). À sa surface, on trouve là aussi un dallage de cailloux indiquant une ancienne surface d'érosion.

Le substrat argileux est surmonté d'un dépôt, d'environ 130 cm d'épaisseur, composé de couches de débris organiques et d'abondants bouts de bois, d'épaisseur variable allant du centimètre au décimètre, interstratifiées de lits de sable moyen à grossier dans la moitié supérieure et de sable moyen à fin dans la moitié inférieure. Une couche organique à 225 cm de profondeur a donné un âge au radiocarbone de  $7140 \pm 70$  BP (Beta-31625), alors que trois bouts de bois au-dessus ont donné des âges respectifs de  $6980 \pm 70$  BP (Beta-31626),  $6360 \pm 90$  BP (Beta-31624) et  $6350 \pm 90$  BP (Beta-31623).



L'unité 3 coiffant le dépôt organique et minéral (unité 2) a une épaisseur de 70 cm. Elle est constituée de limon gris et de sable fin stratifiés en lits minces et contient des racines de plantes reliques oxydées dont l'abondance augmente de la base vers le haut de l'unité. Il s'agit vraisemblablement d'un dépôt intertidal correspondant d'abord au niveau de la haute slikke puis du schorre inférieur.

Quatre échantillons ont été étudiés pour leur contenu de micro-faune<sup>1</sup>. Le tableau II fournit la liste des espèces de foraminifères trouvées. On constate une diminution verticale du bas vers le haut des espèces et du nombre d'individus. De plus, l'échantillon n° 1 (à la base) contenait beaucoup d'ostracodes d'eau douce (*Candona* sp.). Les échantillons n°s 2 et 3 renfermaient aussi quelques ostracodes, alors que l'échantillon n° 4 (au sommet) en était dépourvu. D'après les assemblages de foraminifères, il s'agirait d'un milieu équivalent au schorre inférieur à spartine alterniflore (*Spartina alterniflora*) incluant des espèces remaniées d'eau plus profonde dont *Trochammina squamata* (D. B. Scott, *in litteris*).

Dans les 10 cm à la base de l'unité 3, on trouve d'abondants coquillages marins (*Mya arenaria*, *Macoma balthica* et *Mytilus edulis*) non en position de vie mais fréquemment avec les deux valves fermées ou ouvertes qui ont donné un âge de  $710 \pm 60$  BP (Beta-31627). Cet âge est semblable à celui de la base de l'unité 3 de la coupe 2a à proximité.

La troisième unité, d'une épaisseur de 120 cm, est elle-même surmontée d'un dépôt de limon et de sable fin stratifiés en lits minces. Elle est riche en débris de plantes (racines et tiges). Il s'agit d'un faciès de schorre supérieur.

À l'instar de la coupe 2a, il existe un écart chronologique de l'ordre de 5500 ans entre les unités 2 et 3, ce qui implique une discontinuité vraisemblablement attribuable à l'érosion. L'unité 2 a été mise en place lors d'un bas niveau marin, probablement au droit d'un ancien chenal peu profond de la rivière du Loup entaillant l'estran, alors que l'unité 3 correspond à un dépôt intertidal (slikke) beaucoup plus récent antérieur à la formation du schorre supérieur actuel dont la base a été datée à environ 300 ans.

### LA TERRASSE MITIS

La basse terrasse caractérisant les rives de l'estuaire du Saint-Laurent (terrasse Mitis), en particulier la rive sud, est bien développée à Rivière-du-Loup (Dionne, 1963c, 1972; Bélanger, 1990). Son substrat essentiellement argileux est recouvert de sable fin et de limon stratifiés, d'épaisseur variable compris entre 50 cm et 2 m. Son altitude moyenne est de 5 à 6 m. Il s'agit en fait de la ligne de rivage Micmac de Goldthwait (1911).

Une coupe (fig. 10), levée le long d'un ravin adjacent à la petite rivière du Loup, a révélé la séquence suivante (Bélanger, 1990). À cet endroit, la surface de la terrasse Mitis se trouve à environ 6 m d'altitude. L'unité de surface, de 150 cm d'épaisseur, est composée de limon et de sable fin stratifiés

TABLEAU II  
Micro-faune de l'unité 3 de la coupe 2b\*

Échantillon	Foraminifères	Autres
1 (base)	<i>Cibicides lobatulus</i> (7) <i>Cribratomoides jeffreysi</i> (1) <i>Elphidium excavatum</i> (4) <i>Miliammina fusca</i> (2) <i>Trochammina macrescens</i> (5) <i>T. ochracea</i> (7) <i>T. squamata</i> (11)	Ostracodes très abondants plus de 5000 individus dont <i>Candona</i> sp.
2	<i>Cibicides lobatulus</i> (4) <i>Cribratomoides jeffreysi</i> (1) <i>Elphidium subarcticum</i> (1) <i>Miliammina fusca</i> (1) <i>Trochammina macrescens</i> (15) <i>T. ochracea</i> (4) <i>T. squamata</i> (4)	Quelques ostracodes (corrodés) Corrosion avancée des formes calcaires
3	<i>Ammobaculites exiguus</i> (1) <i>Centropyxis aculeata</i> (1) <i>Trochammina macrescens</i> (4) <i>T. ochracea</i> <i>T. squamata</i> (6)	Quelques ostracodes et fragments de coquillages
4 (sommet)	<i>Miliammina fusca</i> (1) <i>Trochammina macrescens</i> (3) <i>T. squamata</i> (8)	—

\* Identifications faites par David B. Scott, Dalhousie University, Halifax, Nouvelle-Écosse. Le chiffre entre parenthèses indique le nombre d'individus.

### RIVIÈRE-DU-LOUP

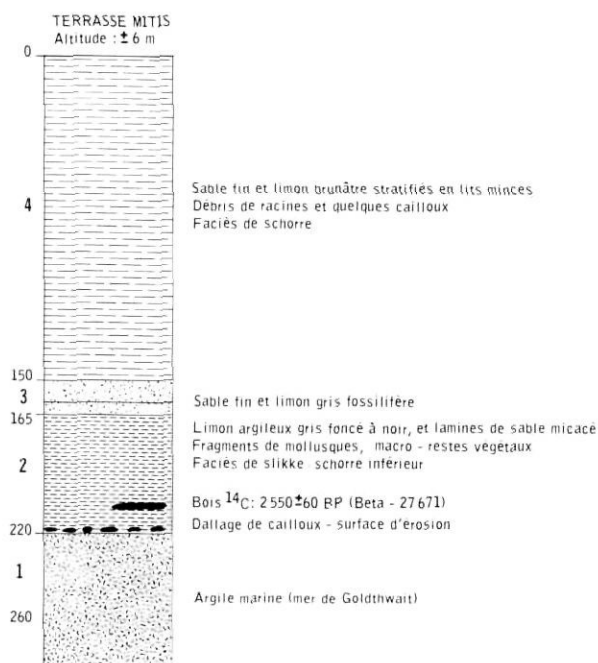


FIGURE 10. Coupe dans la terrasse Mitis, Rivière-du-Loup.  
Section in the Mitis Terrace at Rivière-du-Loup.

1. Analyses gracieusement faites par David B. Scott (Centre for Marine Geology, Dalhousie University, Halifax).

en lits minces et contient des débris de racines et de rares cailloux (faciès d'un ancien marais intertidal). En dessous, on trouve une strate de 15 cm d'épaisseur composée de sable fin et de limons gris stratifiés et fossilifères. Cette deuxième unité surmonte 70 cm de limon argileux, gris foncé à noir, contenant des fragments de mollusques et des lamines de sable micacé, riches en macro-restes végétaux et en bouts de bois. L'un d'eux a donné un âge de  $2550 \pm 60$  BP (Beta-27671). En dessous, apparaît l'argile marine gris pâle. Les deux unités sont séparées par un dallage de cailloux (ancienne surface d'érosion).

Dans le parc Cartier, à environ 1 km au sud du ravin précité, un bois recueilli à 170 cm de profondeur, dans le recouvrement de sable fin et de limon de la terrasse Mitis, au-dessus de l'argile de la Mer de Goldthwait, a donné un âge de  $2780 \pm 60$  BP (UL-288). Un âge semblable,  $2420 \pm 65$  BP (UQ-612), a aussi été obtenu sur un bout de bois dans la région de Gros-Cacouna, alors que des coquillages (*Mya* sp.) dans une plage soulevée (sable et gravier), au niveau de 6-7 m d'altitude, au Portage (Bélanger, 1990), ont été datés à  $3160 \pm 70$  BP (UL-283).

### INTERPRÉTATION

Les données du rivage à Rivière-du-Loup indiquent l'existence de fluctuations du niveau marin relatif au cours de l'Holocène. Au départ des glaciers, entre 12 500 et 12 800 ans BP, la côte a été submergée jusqu'à une altitude d'environ 135 m. Le réajustement isostatique (soulèvement) a entraîné une régression rapide ou un abaissement relatif du niveau de la Mer de Goldthwait. D'après les données disponibles, le taux de relèvement entre 12 500 et 9000 ans BP a été très fort (environ 3 m par siècle). Le niveau de 20 m aurait été atteint vers 9000 ans BP; celui de 15 m peu après, si l'on en juge par une datation de la base d'une tourbière à cette altitude, dans la région de Cacouna-Est, à une dizaine de kilomètres au NE de Rivière-du-Loup (GSC-112:  $6970 \pm 100$  BP).

À Montmagny (Dionne, 1988d), il a été établi que vers 7500 ans BP, le niveau relatif de la mer était voisin du niveau actuel. Les huit datations des coupes 2a et 2b à Rivière-du-Loup (6200 à 7140 BP) indiquent l'existence d'un bas niveau marin à cette époque dans l'estuaire du Saint-Laurent. En effet, les débris organiques et les bouts de bois trouvés sous des sédiments intertidaux récents, n'ont pu qu'être mis en place dans un milieu peu profond, vraisemblablement dans la zone intertidale d'alors. L'unité 2 des coupes 2a et 2b (à savoir celle contenant des débris organiques et du bois) pourrait, toutefois, avoir une extension latérale restreinte et correspondre à un ancien chenal peu profond de la rivière du Loup, qui coule à proximité. Quoi qu'il en soit, il s'agit d'un dépôt relique témoignant d'un ancien bas niveau marin. Comme ce dépôt se trouve au niveau de la zone intertidale actuelle, on peut affirmer que le niveau marin entre 6200 et 7600 ans, à Rivière-du-Loup, était au moins équivalent au niveau actuel et probablement plus bas, comme à Montmagny (Dionne, 1988d).

Après 5700 ans BP, le niveau marin aurait remonté progressivement (transgression), ce qui est confirmé par un dépôt

relique (coupe 1) contenant des myes (*Mya arenaria*) datées entre 5600 et 5700 BP. Cette période correspond exactement à la remontée du niveau marin relatif ailleurs dans le Saint-Laurent, en particulier à Montmagny, Rivière-Ouelle et Saint-Fabien-sur-Mer. Malheureusement les données stratigraphiques disponibles pour Rivière-du-Loup ne permettent pas de déterminer l'ampleur de la transgression survenue au milieu de l'Holocène.

À certains endroits, l'érosion semble avoir prévalu sur la sédimentation. Au lieu de mettre en place un dépôt intertidal relativement épais comme à Montmagny, la mer aurait plutôt érodé les argiles de la Mer de Goldthwait, créant ainsi une large plate-forme d'érosion. En effet, dans le secteur NE, la terrasse Mitis est délimitée vers l'intérieur par un talus d'érosion entaillant la surface de 8-10 m d'altitude. Cet escarpement a probablement été érodé au cours de la phase initiale de l'épisode de Mitis, correspondant dans un premier temps à une remontée du niveau marin ou à une période de stabilité relative. Une situation semblable existe à Rivière-Ouelle, où la surface de 10 m est aussi entaillée par un talus d'érosion la séparant de la terrasse Mitis au niveau de 6-7 m (Dionne, 1988a). Les discontinuités dans la séquence lithostratigraphique des coupes examinées à Rivière-du-Loup rendent difficile la reconstitution fidèle des événements.

Néanmoins, l'épisode ayant conduit à l'édification de la terrasse Mitis est incontestable. L'âge moyen de ce niveau sur la côte sud du Saint-Laurent est de 2000 ans BP environ. Toutefois, suivant la position latérale de la terrasse et la séquence verticale, l'édification de l'ensemble de la terrasse Mitis s'est étendue sur une période allant de 3000 à 1200 ans BP. Dans la région de Baie-des-Sables et de Matane, la terrasse Mitis (plages de sable et gravier fossilifères sur la plate-forme rocheuse) est datée de 2200 à 2400 ans BP (Dionne, 1977; Locat, 1977; Lebus et David, 1977). Sur la côte nord du moyen estuaire, la terrasse Mitis, à Petite-Rivière, a été datée entre  $1800 \pm 70$  et  $2330 \pm 70$  BP (10 datations), alors qu'à Baie-Sainte-Catherine, à l'embouchure du Saguenay, un âge moyen de 1400 ans BP a été obtenu (11 datations) (Dionne, 1988e, 1989). L'existence, vers 2000 ans BP, d'un niveau marin légèrement plus élevé que le niveau actuel est donc un événement bien établi pour l'estuaire du Saint-Laurent.

Le substrat sous-jacent au schorre supérieur actuel dans le secteur étudié est daté de 800 ans BP environ. À l'époque, ce niveau (150 cm plus bas que la surface du schorre actuel) correspondait à une slikke vaseuse. Le schorre supérieur qui le recouvre n'existait pas encore à cet endroit. Il devait plutôt se trouver un peu plus haut sur le rivage, i.e. plus loin à l'intérieur des terres. Par accrétion latérale, le schorre supérieur s'est progressivement étendu en direction de la mer et a fini par recouvrir la slikke. Aujourd'hui, le schorre supérieur est en voie d'érosion et expose progressivement le dépôt sous-jacent de limon et de sable fin qui, lui, repose directement sur des sédiments beaucoup plus anciens (plus de 6000 ans).

L'édification du schorre supérieur à Rivière-du-Loup est un phénomène récent et a été rapide. En effet, la base est datée à environ 300 ans BP seulement. De plus, à l'intérieur du dépôt et à divers niveaux, on observe de nombreux artefacts et du bois coupé à la hache ou à la scie (Dionne, 1984). Le

taux moyen d'accrétion verticale est de l'ordre de 4 cm/année, ce qui est beaucoup plus fort que les taux mesurés ailleurs récemment, qui sont voisins de 1 mm seulement (Dionne, 1986). Une édification aussi rapide implique nécessairement des conditions de sédimentation très favorables reflétant probablement une fluctuation du niveau marin ou une augmentation de la charge sédimentaire du Saint-Laurent.

De nos jours, le schorre supérieur est soumis à l'érosion sur toute sa longueur. Le taux moyen de recul est compris entre 2 et 3 m par année, selon les endroits (Dionne, 1986). Les raisons de cette érosion latérale rapide ne sont pas connues avec précision. On soupçonne fortement une tendance à la hausse du niveau marégraphique, ce qui permet aux vagues de tempête de faire reculer le schorre supérieur. Un déficit sédimentaire est aussi un autre facteur plausible contribuant au recul récent du schorre supérieur à Rivière-du-Loup.

Présentement, les données sont insuffisantes pour dresser une courbe du relèvement isostatique pour le secteur de Rivière-du-Loup, car on ne connaît pas avec assez de précision les altitudes atteintes, d'une part, par le bas niveau marin entre 6000 et 7100 ans BP et, d'autre part, l'ampleur de la transgression survenue après le bas niveau, soit après 5700 ans BP, est inconnue. De même, on sait relativement peu de choses sur la fluctuation ayant conduit à l'édification de la terrasse Mitis et du comportement du niveau marin par la suite.

Néanmoins, la mise en évidence d'un bas niveau marin suivi d'une remontée, à Rivière-du-Loup, ajoute du poids aux données antérieures. On a pu aussi confirmer l'âge moyen (environ 2000 ans BP) de la terrasse Mitis (niveau moyen de 5-6 m) et l'âge récent du schorre supérieur (moins de 300 ans BP).

L'idée d'une fluctuation du niveau marin à l'Holocène lors de l'épisode ayant conduit à l'érosion de la falaise Micmac et à l'édification de la basse terrasse à son pied (terrasse Mitis) n'est pas entièrement nouvelle. Goldthwait (1911, p. 311) l'avait proposée sur la base d'arguments géomorphologiques. Il paraît pertinent de rappeler ce qu'écrivait cet auteur, il y a 80 ans: «*It will be noticed that if the Micmac sea-cliff was cut back during a stage of slow coastal submergence, a record of this submergence might be left, in protected reentrants, in the form of forest beds buried by the advancing gravels and sands of the beach, and subsequently raised, with the overlying material, above high-tide marks; in other words, stumps and fresh-water peat might be discovered beneath the marine sands on the Micmac terrace.*» Les découvertes faites à Montmagny (Dionne, 1988d) et à Rivière-du-Loup confirment la justesse des vues de Goldthwait.

De son côté, Lougee (1954, p. 274) parle aussi d'une période de stabilité relative et d'une transgression pour expliquer le stade Micmac. Ce dernier propose même un niveau marin d'environ 9 m inférieur au niveau actuel: «*...the stage of sea level at which the Micmac Terrace was formed was about 30 feet lower than the present level*» (Lougee et Lougee, 1976, p. 332).

En conclusion, les données récentes sur le comportement du niveau marin relatif dans l'estuaire du Saint-Laurent, à l'Holocène, exigent une révision profonde des anciens concepts relatifs à l'émersion des terres après le départ des glaciers. Les courbes de relèvement isostatique proposées par divers auteurs (Locat, 1977; Lortie et Guilbault, 1984) ne rendent pas compte de toute la réalité. Les faits se révèlent beaucoup plus complexes qu'on le pensait jadis. Par ailleurs, les événements géologiques mis en évidence ici ne concordent pas avec le modèle théorique de Quinlan et Beaumont (1981) ni avec le modèle géophysique récent de Peltier (1987) pour Rivière-du-Loup.

## REMERCIEMENTS

L'auteur tient à remercier sincèrement les personnes suivantes pour leur collaboration: M<sup>me</sup> Michèle Garneau (Département de géographie, Université Laval) pour le levé de la coupe (fig. 6) et M. Stephen Poitras du même département pour assistance sur le terrain. M. D. B. Scott de l'université Dalhousie (Halifax) a aimablement examiné la micro-faune de quelques échantillons. Les commentaires faits par les deux lecteurs critiques, M<sup>me</sup> Lynda Dredge (Commission géologique du Canada, Ottawa) et M. Paolo A. Pirazzoli (C.N.R.S., Paris) ont été fort appréciés. Les figures aux traits ont été dessinées au Laboratoire de cartographie du Département de géographie (Université Laval, Québec). Cette étude fait partie d'un projet de recherche financé par le FCAR (Québec) et le CRSNG (Ottawa).

## RÉFÉRENCES

- Bélanger, C., 1990. Étude géomorphologique des basses terrasses de la côte sud du Saint-Laurent entre Montmagny et Trois-Pistoles. Thèse de doctorat, Université Laval, Québec.
- Chauvin, L., Martineau, G. et LaSalle, P., 1985. Deglaciation of the Lower St. Lawrence region, Québec, p. 111-123. In H. W. Borns et al., édit., Late Pleistocene History of northeastern New England and adjacent Québec, Geological Society of America, Special Paper 197.
- Dawson, J. W., 1865. On the post-Pliocene deposits of Rivière-du-Loup and Tadoussac. Canadian Naturalist, N. S., 2: 81-88.
- Denis, R., 1987. Milieux humides en péril. GEOS, 16(1): 19-23.
- Dionne, J.-C., 1963a. Vers une définition plus adéquate de l'estuaire du Saint-Laurent. Zeitschrift für Geomorphologie, N.S. 7: 36-47.
- 1963b. Les types de côtes de la rive sud de l'estuaire du Saint-Laurent. Norois, 38: 151-160.
- 1963c. Le problème de la terrasse et de la falaise Mic Mac. Revue canadienne de Géographie, 17: 9-25.
- 1966. Carte morpho-sédimentologique de la région de Rivière-du-Loup. Mont-Joli, BAEQ, carte manuscrite à 1/50 000.
- 1969. Mollusques pleistocènes du Québec. I. Localités fossilifères, côte sud du Saint-Laurent. Québec, ministère canadien des Pêches et des Forêts, Laboratoire de recherches forestières des Laurentides, Rapport d'information Q-X-6, 38 p.
- 1972. Le Quaternaire de la région de Rivière-du-Loup / Trois-Pistoles, côte sud de l'estuaire maritime du Saint-Laurent. Québec, Environnement Canada, Centre de recherches forestières des Laurentides, Rapport d'information Q-F-X-22, 95 p.

- . 1977. La Mer de Goldthwait au Québec. *Géographie physique et Quaternaire*, 31: 61-80.
- . 1984. Données préliminaires sur l'âge des schorres supérieurs de l'estuaire du Saint-Laurent. *Annales de l'ACFAS*, 51: 151.
- . 1985. Observations sur le Quaternaire de la rivière Boyer, côte sud de l'estuaire du Saint-Laurent, Québec. *Géographie physique et Quaternaire*, 39: 35-46.
- . 1986. Érosion récente des marais intertidaux de l'estuaire du Saint-Laurent. *Géographie physique et Quaternaire*, 40: 307-323.
- . 1988a. Note sur les variations du niveau marin relatif à l'Holocène, à Rivière-Québec, côte sud du Saint-Laurent. *Géographie physique et Quaternaire*, 42: 83-88.
- . 1988b. Évidence d'un bas niveau marin durant l'Holocène à Saint-Fabien-sur-Mer, estuaire du Saint-Laurent. *Noréis*, 35 (137): 19-34.
- . 1988c. L'émersion de la côte sud du Saint-Laurent depuis la dernière glaciation. *GEOS*, 17(1): 18-21.
- . 1988d. Holocene relative sea-level fluctuations in the St. Lawrence estuary, Québec, Canada. *Quaternary Research*, 29: 233-244.
- . 1988e. Le Quaternaire de la basse terrasse à Petite-Rivière-Saint-François, moyen estuaire du Saint-Laurent. 6<sup>e</sup> Colloque de l'AQUA (Rimouski), *Résumés des Communications*, p. 34-36.
- . 1989. Observations sur le Quaternaire de la terrasse Mitis, à Baie-Ste-Catherine, embouchure du Saguenay (Québec). *Association géologique du Canada, Réunion annuelle (Montréal), Programme et Résumés*, 14: A111.
- Goldthwait, J. W., 1911. The twenty-foot terrace and sea-cliff of the Lower Saint Lawrence. *American Journal of Science*, 32: 291-317.
- Lebuis, J. et David, P. P., 1977. La stratigraphie et les événements du Quaternaire de la partie occidentale de la Gaspésie. *Géographie physique et Quaternaire*, 31: 275-296.
- Lee, H. A., 1963. *Géologie de la région de Rivière-du-Loup/Trois-Pistoles (déposés meubles)*. Commission géologique du Canada, Étude 61-32, 2 p., 1 carte h.t.
- Locat, J., 1977. L'émersion des terres dans la région de Baie-des-Sables/Trois-Pistoles, Québec. *Géographie physique et Quaternaire*, 31: 297-306.
- Lortie, G., 1983a. Les diatomées fossiles de deux tourbières ombrotrophes du Bas-Saint-Laurent, Québec. *Géographie physique et Quaternaire*, 37: 159-177.
- . 1983b. Les diatomées de la mer de Goldthwait dans la région de Rivière-du-Loup, Québec. *Géographie physique et Quaternaire*, 37: 279-296.
- Lortie, G. et Guilbault, J.-P., 1984. Les diatomées et les foraminifères des sédiments marins postglaciaires du Bas-Saint-Laurent (Québec). *Naturaliste canadien*, 111: 297-310.
- Lougee, R. J., 1954. A chronology of postglacial time in eastern North America. *The Scientific Monthly*, 76: 259-276.
- Lougee, R. J. et Lougee, C. R., 1976. *Late-glacial chronology*. Vantage Press, New York, 553 p.
- Martineau, G., 1977. *Géologie des dépôts meubles de la région de Kamouraska — Rivière-du-Loup, Québec*. Ministère des Richesses naturelles, Direction générale des Mines, Rapport géol. DPV-545, 17 p., 1 carte h.t.
- Pêches et Océans Canada, 1989. *Tables des marées et courants du Canada. Volume 3: Fleuve Saint-Laurent et rivière Saguenay*. 36 p.
- Peltier, W. R., 1987. Glacial isostasy, mantle viscosity, and Pleistocene climatic change, p. 155-182. *In* W. F. Ruddiman *et al.*, édit., *North America and adjacent oceans during the last deglaciation*. Geological Society of America, série DNAG, vol. K-3.
- Quinlan, G. et Beaumont, C., 1981. A comparison of observed and theoretical postglacial relative sea level in Atlantic Canada. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 18: 1146-1163.
- Transport Québec, 1970. *Étude de fondations. Projet QU11, Rivière-du-Loup*. Rapport 3663-21, de la firme d'Ingénieurs conseils, Lalonde, Girouard & Letendre, à Transport-Québec, 5 p. plus 1 carte h.t.
- Vallières, A., 1977. *Géologie de la région de Cacouna à Saint-André-de-Kamouraska*. Ministère des Richesses naturelles, Québec, Rapp. géol. DPV-513, 31 p.